



ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



Octavian Macari

Desenvolvimento de Métodos de Processamento de Levantamentos Hidrográficos Expeditos

**Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais,
na especialidade de Marinha**



**Alfeite
2018**



ESCOLA NAVAL

talant de biefaire



Octavian Macari

***Desenvolvimento de Métodos de Processamento de
Levantamentos Hidrográficos Expeditos***

Dissertação para obtenção do grau Mestre em Ciências Militares Navais, na especialidade de
Marinha.

Orientador: CFR M Pinto da Silva

Coorientador: 1ºTEN M Moreira da Costa

Mestrando,
(assinado no original)

Orientador,
(assinado no original)

[ASPOF M Octavian Macari]

[CFR M Pinto da Silva]

Epígrafe

“Se o seu navio não chega, nade até ele.”

Jonathan Winters

*“Grandes coisas não se fazem por impulso, mas pela junção de uma série de
pequenas coisas.”*

Vincent Van Gogh

Dedicatória

À minha mãe Larisa, já falecida, mas que continua a ser a minha maior força e inspiração na vida. Sei que, de algum lugar, ela olha por mim.

Ao meu pai, que desde pequeno me encaminhou e mostrou o caminho certo a seguir e sobretudo pelo exemplo que foi e é para mim, enquanto pessoa e militar.

E à minha querida irmã, por estar sempre ao meu lado.

A vocês devo e amo.

Agradecimentos

A condução desta investigação derivou do interesse de vários trabalhos realizados pelas águas da Hidrografia. Agradeço ao Comandante Ramalho Marreiros e ao Comandante Lavajo Brigas, por toda a confiança que depositaram em mim, conselhos e conhecimentos proporcionados na Escola Naval.

As minhas palavras de gratidão dirigem-se também ao meu orientador, Comandante Pinto da Silva, e coorientador, Tenente Moreira da Costa, por todo o apoio prestado e demonstrado durante a realização da dissertação, por toda a disponibilidade, incentivo, conhecimento e entusiasmo pela área em questão.

Ao Eng. Vítor Lobo por todo o apoio, conselhos e conhecimentos essenciais da sua área que possibilitaram um rumo a esta dissertação.

Aos oficiais e guarnição do N.R.P. “Auriga”, que durante o período de estágio de embarque se mostraram sempre disponíveis para auxiliar e apoiar, encorajando-me e mostrando outras perspetivas sobre o tema que envolve esta dissertação.

Esta dissertação teve o apoio do Instituto Hidrográfico através dos recursos materiais e dados utilizados cedidos pelo mesmo, onde agradeço ao Comandante Gomes Carvalho, Comandante Videira Marques e à Tenente Carla Antunes no apoio e processamento dos dados de Levantamento Hidrográfico Expedito realizado no exercício “Tróia 17” em abril de 2017, Ponto de Apoio Naval de Tróia, Grândola, Alentejo.

Por fim, não podia deixar de agradecer e reconhecer, todo o apoio, afeto e elevada presença de espírito proporcionado pelos meus camaradas e amigos, à minha família, e sobretudo ao meu pai e à minha querida irmã, que me ajudaram a concretizar esta longa caminhada.

Resumo

O conhecimento do fundo marinho é um fator crucial para a segurança da navegação, assim como para as diversas atividades marítimas. O progresso da hidrografia tem mostrado novos horizontes trazendo diversos sistemas complexos que prometem resolver muitos dos desafios nesta área.

Respetivamente à aquisição de dados batimétricos através de sondadores de feixe-simples, este trabalho surge da necessidade de colmatar os erros dependentes do fator humano, reduzir o tempo de processamento e melhorar a qualidade do mesmo. Para tal, são necessárias ferramentas computacionais que auxiliem a fase de processamento de dados e a elaboração de produtos finais.

Deste modo, foi criada uma ferramenta, com auxílio a vários algoritmos e métodos desenvolvidos. Um dos utilizados é o *Self Organizing Map* (SOM) ou mapas auto-organizados. O estudo apresenta, sinteticamente, conceitos básicos de Levantamentos Hidrográficos para uma melhor compreensão dos dados analisados. De seguida, apresenta-se o modo de funcionamento do algoritmo *SOM*, abordando aspetos necessários para a realização de agrupamento de dados (*clustering*) como parte da solução da ferramenta desenvolvida. A partir deste, apresenta-se a metodologia desenvolvida para a realização da seleção de dados (sondas) necessária à criação de produtos para representação do fundo marinho. A ferramenta desenvolvida, Processamento de Dados Garmin com Self-Organizing Map (PDGSOM), é confrontada com outros sistemas de processamento de dados batimétricos, nomeadamente o *software* *CARIS*. Deste modo, comparando modelos batimétricos realizou-se uma análise de parâmetros de funcionamento e eficácia da ferramenta desenvolvida.

Em síntese, a presente dissertação tem como objetivo a construção de uma ferramenta com uma interface de fácil utilização, fornecendo uma informação segura na utilização dos dados e produtos obtidos, tendo como motivo de estudo a “segurança na navegação”.

PALAVRAS CHAVE: Levantamentos Hidrográficos Expeditos, Sondador de Feixe Simples, Modelo batimétrico, Mapas Auto-organizáveis, Agrupamento de dados, Dados Garmin, Seleção de Sondas, Métodos de Seleção Batimétrica, Produtos Finais, Ferramenta de Processamento de Dados Hidrográficos, Google Earth Pro.

Abstract

The need of knowledge of the seabed in its whole, has been brought many challenges to maritime navigation. The safety of navigation is a crucial factor, and even with all the progress and the new horizons that hydrography science has shown with its numerous complex systems, there are still many obstacles to overcome.

Regarding the acquisition of bathymetric data with single beam echo sounder, this work arises from the need to bridge the errors reflected on the human factor, improve the processing of data acquisition and time reduction. For all the reasons stated above, computational tools are of a main importance on the data processing phase and the elaboration of final products.

For this study, I developed a tool, using Decision Support System, based on the algorithm of self-organizing map Kohonen. Better known for its clustering, visualization and classification capabilities with comprehensive solutions for selection of bathymetric data.

The study begins by presenting, the basic concepts for a better understanding of the studied area, with respect to the Hydrographic Surveys. Next, the operation of the Self Organizing Map algorithm is presented, addressing aspects necessary to perform data grouping (clustering) as part of the solution of the developed tool. From this, I present the methodology used to develop the realization of data selection necessary to create products for representing the seabed. The developed tool, Garmin Data Processing with Self-Organizing Map (PDGSOM - Portuguese version) is compared with other bathymetric data processing systems, CARIS software. This allowed the comparison of digital elevation models, analysis of operation parameters and effectiveness of the developed tool.

Succinctly, this dissertation has as main goal the construction of a tool with an easy-use interface, providing safe information in the use of the data and obtained products, based on the principles of "safety of navigation ".

KEY WORDS: Minor Hydrographic Surveys, Single-Beam Echo Sounder, Self-Organizing Map, SOM, Clustering, Bathymetric data processing, Data Garmin, Sounding Selection and Bathymetric, Automated sounding selection, Methodology Selection, Hydrographic Data Processing Tool, Modeling Products, Digital Elevation Model, Final Products, Visualization with Google Earth Pro.

Índice Geral

Epígrafe.....	ii
Dedicatória	iii
Agradecimentos	iv
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice Geral	vii
Índice de Figuras	x
Índice de Tabelas.....	xii
Lista de Abreviaturas, Acrónimos e Siglas.....	xiii
INTRODUÇÃO	1
Objetivos.....	2
Estrutura da dissertação.....	4
LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS.....	5
1.1. Normas para Levantamentos Hidrográficos.....	7
1.2. “Non-Surveyors”	8
1.3. Planeamento	9
1.3.1 LH com Sondadores de feixe-simples.....	10
1.4. Aquisição de dados	11
1.4.1 Plataforma.....	12
1.5. Posicionamento	13
1.5.1 Métodos de Posicionamento	13

1.6. Determinação de Profundidades	15
1.6.1. Sistemas de Feixe Simples	16
1.6.2. Referencia vertical	17
1.6.3. Marés	18
1.7. Processamento de dados	19
1.8. Controlo de qualidade dos dados	20
REDES NEURONAIS.....	23
2.1. Redes Neurais Artificiais	24
2.2. Self Organizing Maps (SOM)	26
2.2.1. Parâmetros do algoritmo	27
2.2.2. Processo de treino da rede neuronal.....	29
2.2.2.1 Inicialização	29
2.2.2.2 Competição	29
2.2.2.3 Cooperação	30
2.2.2.4 Adaptação	30
2.2.3. Conceito Matemático.....	30
2.3. Aplicação do algoritmo SOM.....	32
DESENVOLVIMENTO DO PDGSOM.....	35
3.1. Execução do Levantamento Hidrográfico Expedito	37
3.2. PDGSOM – Pré-processamento	40
3.3. Metodologia PDGSOM	41
3.3.1 Primeira fase– <i>Clustering</i> com SOM	42
3.3.1.1. <i>Settings</i> – Parâmetros SOM.....	42
3.3.1.2. Avaliação de Parâmetros.....	43
3.3.1.3 Conclusão de <i>Clustering</i> com SOM	49

3.3.2. Segunda fase – Seleção de Sondas.....	49
3.3.2.1. Malhagem	50
3.3.2.2. Fronteiras.....	52
3.3.3 Método de Seleção	52
3.3.3.1. Etapa 1	53
3.3.3.2. Etapa 2	54
3.3.3.3. Etapa 3.....	54
3.3.3.4. Etapa 4.....	55
ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS.....	57
4.1. Apresentação da seleção de sondas e modelos gerados	58
4.2. Análise de Modelos Batimétricos	61
4.3. Produtos	64
CONCLUSÃO	69
BIBLIOGRAFIA	73
Apêndice A.....	79
Apêndice B	81
Apêndice C.....	87
Apêndice D.....	91
Apêndice E.....	97
Conceitos e Notas.....	97